

情報とコンピュータ

静岡大学工学部
安藤和敏

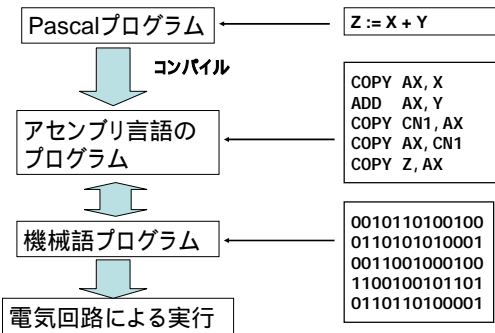
2005.12.12

10章 言語の翻訳

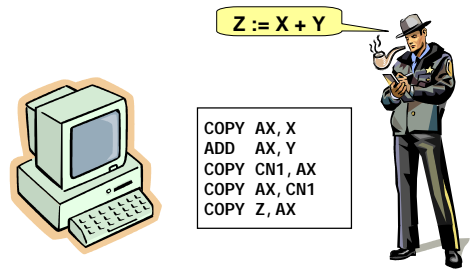
- コンピュータにPascalを理解させる
- 構文生成規則

今日の話の内容は、情報処理技術者試験
[基本情報]の出題範囲であるBNF
(Backus Naur Form)と密接に関連する。

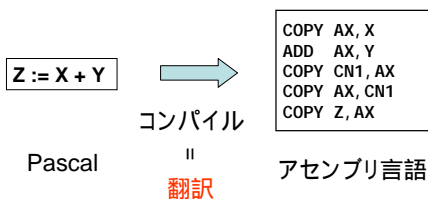
プログラムが実行されるまで



コンピュータはPascalを理解できない



Pascalからアセンブリ言語への翻訳



英文法を思い出してみる

はじめに、英語の文が日本語の文にどのように
翻訳されるかを考えてみよう。

以降の数ページで、英文法の復習をする。大体
の雰囲気に分かれればよい。(私の専門は英語で
はないので、多少の誤りを含んでいるかも知れ
ない。)

英語の基本5文型

英語の文(平叙文)は,以下の5つの型のどれかにあてはまる(んだそうです).

- E1: <文> → <主語> <述語>
E2: <文> → <主語> <述語> <補語>
E3: <文> → <主語> <述語> <目的語>
E4: <文> → <主語> <述語> <目的語> <補語>
E5: <文> → <主語> <述語> <目的語> <目的語>

主語

E6: <主語> → <名詞> (例: Ando)

E7:

<主語> → <冠詞> <形容詞> <名詞> (例: a crazy guy)

E8:

<主語> → <冠詞> <形容詞> <名詞> <形容詞節>

(例: the old woman who I met yesterday)

目的語(主語と同じ)

E9: <目的語> → <名詞>

E10:

<目的語> → <冠詞> <形容詞> <名詞>

E11:

<目的語> → <冠詞> <形容詞> <名詞> <形容詞節>

述語

E12: <述語> → <動詞> (例: sings)

E13: <述語> → <動詞> <副詞> (例: sings well)

E14: <述語> → <助動詞> <動詞> <副詞>

(例: can sing well)

冠詞

E15: <冠詞> → a (または, an) (不定冠詞)

E16: <冠詞> → the (定冠詞)

名詞, 動詞

E17: <名詞> → Ando, Japan, Shi zuoka, ...
computer, information, ...
I (me), you, she (her), ...
(人称代名詞は格変化する場合もある)

E18: <動詞> → play, speak, run, ...
(主語, 時制などによって変化)

形容詞, 副詞

E19: <形容詞> → old, beautiful, easy, ...

E20: <副詞> → well, gently, carefully, ...

文法的に正しい英文の作り方

E1 ~ E21 みたいなものは, 英文の構文生成規則と呼ばれる。

文法的に正しい英文は, このような構文生成規則によって生成される文である。

もちろん文法的には正しくても意味的には変な文も生成できる。

例) Mr. Ando is a girl.

文法的に正しい英文の作り方

導出	規則
<文>	E3: <文> → <主語> <述語> <目的語>
<主語> <述語> <目的語>	E6: <主語> → <名詞>
<名詞> <述語> <目的語>	E12: <述語> → <動詞>
<名詞> <動詞> <目的語>	E9: <目的語> → <名詞>
<名詞> <動詞> <名詞>	E17: <名詞> → Ando
Ando <動詞> <名詞>	E18: <動詞> → plays
Ando plays <名詞>	E17: <名詞> → tennis
Ando plays tennis	

文法的に正しい英文の作り方

導出	規則
<文> ₁	E3: <文> ₁ → <主語> ₂ <述語> ₃ <目的語> ₄
<主語> ₂ <述語> ₃ <目的語> ₄	E6: <主語> ₂ → <名詞> ₅
<名詞> ₅ <述語> ₃ <目的語> ₄	E12: <述語> ₃ → <動詞> ₆
<名詞> ₅ <動詞> ₆ <目的語> ₄	E9: <目的語> ₄ → <名詞> ₇
<名詞> ₅ <動詞> ₆ <名詞> ₇	E17: <名詞> ₅ → Ando
Ando <動詞> ₆ <名詞> ₇	E18: <動詞> ₆ → plays
Ando plays <名詞> ₇	E17: <名詞> ₇ → tennis
Ando plays tennis	

Pascalの構文生成規則 Pascalの文法

Pascalの文法も英語と同じような構文生成規則によって定義される。

ただし, 文法規則は英語よりもずっと簡単である。

- 命令文だけである。したがって, 時制もない。
- 動詞や名詞の変化がない。

英語は文法が正しくなくてもある程度は, 理解してもらえるが, 文法が正しくないPascalは理解してもらえない。

変数名(手続き名)の生成規則

変数名, 手続き名(サブルーチン名), などは識別子(identifier)と呼ばれる。

<識別子> → 英字で始まる英字と数字の並び

R1: <i>_j → 英字で始まる英字と数字の並び

式 (expression) の生成規則 (R2)

1つの変数は、式である。

$$\text{R2: } \langle e \rangle_i \rightarrow \langle i \rangle_j$$

e は expression (式) の略。

文 (statement) の生成規則 代入文 (R3)

$$\text{R3: } \langle s \rangle_k \rightarrow \langle i \rangle_j := \langle e \rangle_i$$

代入文は、左辺が識別子で、右辺が式でなければならない。

s は statement の略。

例題 (X := Y の導出)

導出	規則
$\langle s \rangle_1$	R3: $\langle s \rangle_1 \rightarrow \langle i \rangle_2 := \langle e \rangle_3$
$\langle i \rangle_2 := \langle e \rangle_3$	R1: $\langle i \rangle_2 \rightarrow X$
$X := \langle e \rangle_3$	R2: $\langle e \rangle_3 \rightarrow \langle i \rangle_4$
$X := \langle i \rangle_4$	R1: $\langle i \rangle_4 \rightarrow Y$
$X := Y$	

式の生成規則 (R4, R5)

式 + 式は、式である。

$$\text{R4: } \langle e \rangle_i \rightarrow (\langle e \rangle_j + \langle e \rangle_k)$$

式 * 式も、式である。

$$\text{R5: } \langle e \rangle_i \rightarrow (\langle e \rangle_j * \langle e \rangle_k)$$

例題 (Y := (XX + YY) の生成)

導出	規則
$\langle s \rangle_1$	R3: $\langle s \rangle_1 \rightarrow \langle i \rangle_2 := \langle e \rangle_3$
$\langle i \rangle_2 := \langle e \rangle_3$	R1: $\langle i \rangle_2 \rightarrow Y$
$Y := \langle e \rangle_3$	R4: $\langle e \rangle_3 \rightarrow (\langle e \rangle_4 + \langle e \rangle_5)$
$Y := (\langle e \rangle_4 + \langle e \rangle_5)$	R2: $\langle e \rangle_4 \rightarrow \langle i \rangle_6$
$Y := (\langle i \rangle_6 + \langle e \rangle_5)$	R1: $\langle i \rangle_6 \rightarrow XX$
$Y := (XX + \langle e \rangle_5)$	R2: $\langle e \rangle_5 \rightarrow \langle i \rangle_7$
$Y := (XX + \langle i \rangle_7)$	R1: $\langle i \rangle_7 \rightarrow YY$
$Y := (XX + YY)$	

例題 (SUM := ((X * C) + SUM) の生成)

導出	規則
$\langle s \rangle_1$	R3: $\langle s \rangle_1 \rightarrow \langle i \rangle_2 := \langle e \rangle_3$
$\langle i \rangle_2 := \langle e \rangle_3$	R1: $\langle i \rangle_2 \rightarrow \text{SUM}$
$\text{SUM} := \langle e \rangle_3$	R4: $\langle e \rangle_3 \rightarrow (\langle e \rangle_4 + \langle e \rangle_5)$
$\text{SUM} := (\langle e \rangle_4 + \langle e \rangle_5)$	R5: $\langle e \rangle_4 \rightarrow (\langle e \rangle_7 * \langle e \rangle_8)$
$\text{SUM} := ((\langle e \rangle_7 * \langle e \rangle_8) + \langle e \rangle_5)$	R2: $\langle e \rangle_7 \rightarrow \langle i \rangle_9$
$\text{SUM} := ((\langle i \rangle_9 * \langle e \rangle_8) + \langle e \rangle_5)$	R1: $\langle i \rangle_9 \rightarrow X$
$\text{SUM} := ((X * \langle e \rangle_8) + \langle e \rangle_5)$	R2: $\langle e \rangle_8 \rightarrow \langle i \rangle_{10}$
$\text{SUM} := ((X * \langle i \rangle_{10}) + \langle e \rangle_5)$	R1: $\langle i \rangle_{10} \rightarrow C$
$\text{SUM} := ((X * C) + \langle e \rangle_5)$	R2: $\langle e \rangle_5 \rightarrow \langle i \rangle_{11}$
$\text{SUM} := ((X * C) + \langle i \rangle_{11})$	R1: $\langle i \rangle_{11} \rightarrow \text{SUM}$
$\text{SUM} := ((X * C) + \text{SUM})$	

文の生成

$\langle s \rangle_1 \rightarrow \langle i \rangle_2 := \langle e \rangle_3 \rightarrow Y := \langle e \rangle_3$
 $\rightarrow Y := (\langle e \rangle_4 + \langle e \rangle_5) \rightarrow Y := (\langle i \rangle_6 + \langle e \rangle_5)$
 $\rightarrow Y := (XX + \langle e \rangle_5) \rightarrow Y := (XX + \langle i \rangle_7)$
 $\rightarrow Y := (XX + YY)$

$Y := (XX + YY)$ が生成されたといって、以下のように表す。

$\langle s \rangle_1 \quad \text{--*--} \quad Y := (XX + YY)$

$\langle i \rangle_1$ または $\langle s \rangle_1$ から始めて次の記号文字列を生成せよ

- (a) YXY (b) JACK
- (c) X := Y (d) X := (X*X)
- (e) YYY := (Y * (X + X))
- (f) XX := ((X + XX) * Y)
- (g) X := ((Y * Y) + (X * X))